

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo

Vol. 31

Campinas, dezembro de 1972

N.º 29

ADUBAÇÃO DO TRIGO

IV – EXPERIÊNCIAS COM N, P, K E S EM SOLOS DE VÁRZEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1,2)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO, engenheiro-agrônomo⁽³⁾, Seção de Arroz e Cereais de Inverno, e TÚLIO RIBEIRO ROCHA, engenheiro-agrônomo, Estação Experimental de Mococa, Instituto Agronômico

SINOPSE

Em 1971, em solos de várzeas anteriormente cultivadas com arroz, foram realizados dois ensaios de adubação N, P, K e S em culturas de trigo (*Triticum aestivum* L.): um na Estação Experimental de Mococa e o outro na Companhia Colonizadora Jamic, em Guatapar, ambas no Estado de São Paulo.

Os dados obtidos mostram grandes efeitos do nitrogênio, e pequenos do fósforo e do potássio.

No ensaio de Guatapar houve boa resposta ao tratamento com enxofre, em relação à testemunha, porém no ensaio de Mococa o efeito do enxofre foi negativo e significativo estatisticamente.

Foram calculadas as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para a obtenção de maior lucro por área para as relações de preços entre N e P = 1,5:1 e 1:1, considerando-se fixa a dose de 30 kg/ha de K₂O, e determinadas também as quantidades de K₂O necessárias para a obtenção do maior lucro por área para diferentes relações de preços do potássio para o trigo, com um suprimento constante de 60 kg de N e 60 kg de P₂O₅.

1 – INTRODUÇÃO

O cultivo do trigo com maiores rendimentos por unidade de área é conseguido nos países onde se faz irrigação. No México,

(¹) Recebido para publicação em 14 de janeiro de 1972.

(²) Os autores agradecem aos engenheiros-agrnomos Derly Machado de Souza e Luiz Torres de Miranda, a orientação e o estímulo na realização do trabalho.

(³) Com bolsa de suplementação do CNPq.

Paquistão e na Índia, com a prática de adubação equilibrada, irrigação e utilização de variedades de alto potencial de rendimento, resistentes às moléstias, principalmente às ferrugens do colmo e da folha, foi possível promover a revolução verde com produções médias ao redor de 6000 quilos de trigo por hectare.

No Estado de São Paulo (3,4) a triticultura se instala, em sua totalidade, em condições de sequeiro na região sul e no Vale do Paranapanema. Existem, no entanto, vastas áreas de várzeas sistematizadas ou não para irrigação, cultivadas no período das águas com arroz e ficando em pousio no inverno.

No presente trabalho visou-se estudar a viabilidade da cultura do trigo de várzeas, fazendo rotação com a cultura tradicional do arroz, assim obtendo-se duas safras por ano em uma mesma área, com produções constantes, não apresentando as oscilações encontradas tanto para o arroz como para o trigo, em condições de sequeiro.

Com este propósito, no presente trabalho, que é de caráter preliminar, são apresentados os resultados de duas experiências, conduzidas, uma na várzea da Estação Experimental de Mococa e a outra na várzea da Companhia Colnizadora — Jamic, em Guataparã, nas quais a adubação mineral N, P, K e S foi correlacionada com a produção de grãos.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

O delineamento estatístico empregado foi o Central Composto (1). Os oito primeiros pontos correspondem a um fatorial 2^3 . Os sete seguintes são pontos axiais, incluindo um ponto no centro do delineamento.

Foram incluídos três tratamentos extras (16, 17 e 18), os quais, juntamente com o tratamento 9, permitem avaliar o efeito do enxofre (S). Foram utilizadas duas repetições por local.

Como fonte de adubo nitrogenado foi utilizado o Nitrocálcio (27% N); como fonte de adubo fosfatado foi utilizado o superfosfato triplo (46% de P_2O_5); como fonte de adubo potássico foi utilizado o cloreto de potássio (60% de K_2O); e como fonte de enxofre foi utilizado o gesso (20% de S).

Os tratamentos foram os seguintes:

	kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1	30	30	15	40
2	30	30	45	40
3	30	90	15	40
4	30	90	45	40
5	90	30	15	40
6	90	30	45	40
7	90	90	15	40
8	90	90	45	40
9	60	60	30	40
10	120	60	30	40
11	0	60	30	40
12	60	120	30	40
13	60	0	30	40
14	60	60	60	40
15	60	60	0	40
16	0	0	0	0
17	0	0	0	40
18	60	60	30	0

O modo de aplicação dos adubos obedeceu o seguinte critério: 1/5 do nitrogênio, todo o fósforo, potássio e enxofre foram aplicados nos sulcos de plantio, e os restantes 4/5 do nitrogênio aplicados em cobertura, 40 dias após a germinação.

O cultivar-teste utilizado foi o IRN-526-63.

As parcelas foram constituídas de 10 linhas de 5 metros, espaçadas de 0,20 m; a semeadura foi feita na base de 40 sementes úteis por parcela; e por ocasião da colheita foram colhidas as seis linhas centrais de cada parcela, deixando as demais como bordadura. Portanto a área útil da parcela foi de 6 m².

O primeiro ensaio foi semeado no dia 30 de abril, a adubação em cobertura foi realizada no dia 7 de junho e a colheita se verificou no dia 30 de agosto de 1971, na várzea da Estação Experimental de Mococa, Instituto Agrônômico.

O segundo ensaio foi semeado no dia 10 de maio, a adubação em cobertura foi realizada no dia 15 de junho e a colheita se verificou no dia 16 de setembro de 1971, na várzea da Companhia Colonizadora — Jamic, em Guatapar.

Foram retiradas amostras compostas dos solos dos locais estudados, cujos resultados analíticos ⁽⁴⁾ foram os seguintes:

Determinaes	Mococa	Guatapar
pH int	5,10	5,40
C%	1,50	3,10
K ²⁺ ⁽⁵⁾	0,18	0,35
Ca ²⁺ Mg ²⁺ ⁽⁵⁾	3,00	2,60
PO ₄ ³⁻ ⁽⁶⁾	0,10	0,08
Al ³⁺ ⁽⁵⁾	1,00	0,70

Foram calculadas as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para a obteno do maior lucro por área, para as relaes de preços entre N e P₂O₅ = 1,5:1 e 1:1, considerando-se fixa a dose 30 kg/ha de K₂O, e também as quantidades de potássio neces-

⁽⁴⁾ Análise efetuada na Seo de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônômico.

⁽⁵⁾ e.mg/100 g de solo. Teores trocáveis.

⁽⁶⁾ e.mg/100 g de solo. Teor solúvel em H₂SO₄ 0,05 N.

sárias para a obtenção do maior lucro por área, considerando-se fixas as doses de 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha de P_2O_5 .

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois ensaios, a germinação das sementes, nas diferentes parcelas, foi muito boa.

As produções de grãos encontram-se no quadro 1.

No quadro 2 acham-se os resultados da análise estatística, na

QUADRO 1. — Produções de grãos de trigo obtidas em duas experiências de adubação N, P, K e S conduzidas em várzeas (Estação Experimental de Mococa e Companhia Colonizadora-Jamic, em Guatapará), em 1971

Tratamento				Produção		
N	P_2O_5	K_2O	S	Mococa	Guatapará	Média
				<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>
30	30	15	40	1484	2187	1836
30	30	45	40	1667	1962	1815
30	90	15	40	1384	2262	1823
30	90	45	40	1283	2130	1707
90	30	15	40	1959	2285	2122
90	30	45	40	1433	2135	1784
90	90	15	40	2050	2124	2087
90	90	45	40	2333	2059	2196
60	60	30	40	1875	2290	2083
120	60	30	40	2250	2235	2243
0	60	30	40	892	2024	1458
60	120	30	40	1667	1989	1828
60	0	30	40	1584	1433	1509
60	60	60	40	1717	2395	2056
60	60	0	40	1500	2084	1792
0	0	0	0	1050	1363	1207
0	0	0	40	767	1804	1286
60	60	30	0	1883	2505	2194

QUADRO 2. — Parâmetros calculados pela análise estatística, para os dois ensaios de adubação N, P, K, S de trigo em solos de várzea, instalados na Estação Experimental de Mococa e na Companhia Colonizadora-Jamic, em Guataparã, em 1971

Ensaio	E_0	E_1	B_2	B_3	B_{11}	B_{22}	B_{33}	E_{12}	B_{23}	B_{13}	SL	ML	SLML
Mococa	1901	+292**	+42	+17	-79	-66	-70	+184*	+66	-41	-73	+485**	+69
Guataparã ..	2834	+30	+72	+3	-46	-150*	-18	-60	+22	+18	+56	+407**	-164
Total	4235	+322	+114	+20	-125	-216	-88	+124	+88	-23	-17	+892	-95
Média	2118	+161	+57	+10	-63	-108	-44	+62	+44	-12	-9	+446	-48

* significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

E_0 — produção calculada pela análise estatística para a dose 60.60-30 respectivamente de N — $P_{2,5}O_5$ — K_2O .
 E_1 — efeito linear de nitrogênio
 E_2 — efeito linear de fósforo
 E_3 — efeito linear de potássio
 E_{11} — efeito quadrático de N
 E_{22} — efeito quadrático de $P_{2,5}O_5$
 B_{33} — efeito quadrático de K_2O
 E_{12} — interação N — $P_{2,5}O_5$
 B_{23} — interação $P_{2,5}O_5$ — K_2O
 B_{13} — interação N — K_2O
 SL — efeito linear do enxofre
 ML — efeito linear da adubação mineral
 SLML — interação de S com adubação mineral

qual foram calculados os parâmetros da equação da experiência de Mococa, os parâmetros da equação da experiência de Guatapará, bem como os parâmetros médios dos dois experimentos.

A produção calculada é dada pela seguinte equação:

$$Y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{11} x_1^2 + B_{22} x_2^2 + B_{33} x_3^2 + B_{12} x_1 x_2 + B_{23} x_2 x_3 + B_{13} x_1 x_3$$

onde x_1 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 120, 90, 60, 30, 0 kg de N por hectare; x_2 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 120, 90, 60, 30, 0 kg de P_2O_5 por hectare; x_3 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 60, 45, 30, 15, 0 kg de K_2O por hectare; B_0 é a produção calculada para a dose central, ou seja, $x_1 = 0$, $x_2 = 0$ e $x_3 = 0$; B_1 é o efeito linear de nitrogênio; B_2 é o efeito linear de P_2O_5 ; B_3 é o efeito linear de K_2O ; B_{12} é a interação N com P_2O_5 ; B_{23} é a interação P_2O_5 com K_2O ; B_{13} é a interação N com K_2O .

Se se considerar a equação da experiência da Estação Experimental de Mococa verificar-se-á que o efeito linear do nitrogênio foi altamente significativo e igual a + 292. Isso quer dizer que para cada 30 kg de N aplicados há um acréscimo de 292 kg na produção de trigo; o efeito linear do fósforo foi de +42, o que quer dizer que para cada 30 kg de P_2O_5 aplicados há um acréscimo de 42 kg na produção de trigo; o efeito linear do potássio foi de +17, o que significa que para cada 15 kg de K_2O aplicados há um acréscimo de 17 kg na produção; os efeitos quadráticos do nitrogênio, fósforo, potássio e a interação nitrogênio com potássio foram negativos, porém não estatisticamente significativos; as interações nitrogênio com fósforo e fósforo com potássio foram positivas, porém somente a primeira estatisticamente significativa.

Se se considerar os tratamentos 9, 16, 17 e 18 da experiência de Mococa, calcular-se-á o efeito da adubação mineral, que foi de 485 kg/ha, altamente significativa ao nível de 1%; o efeito do enxofre foi negativo e a interação da adubação mineral com enxofre foi positiva, mas ambos não significativos estatisticamente.

A análise da variância deste ensaio mostra efeito de tratamentos significativo ao nível de 1% e coeficiente de variação de 17,8%.

Se for considerada a equação da experiência localizada na Com-

panhia Colonizadora – Jamic, em Guatapar, será verificado que o efeito do nitrogênio foi de +30, o que quer dizer que para cada 30 kg de nitrogênio aplicados haverá um acréscimo de 30 kg na produção de trigo; o efeito linear do fósforo foi de +72; isto quer dizer que para cada 30 kg de P_2O_5 aplicados há um acréscimo de 72 kg na produção; o efeito linear de potássio foi de +3; isto quer dizer que para cada 15 kg de K_2O aplicados há um acréscimo de somente 3 kg na produção de trigo; os efeitos quadráticos de nitrogênio, fósforo (significativo estatisticamente), potássio e a interação nitrogênio com fósforo foram negativos e a interação fósforo com potássio e nitrogênio com potássio foram positivas mas não significativas.

Se se considerar os tratamentos 9, 16, 17 e 18 da experiência localizada em Guatapar calcular-se o efeito da adubação mineral, que foi de 407 kg/ha, altamente significativo ao nível de 1%; o efeito do enxofre foi positivo e a interação adubação mineral com enxofre foi negativa, mas ambos não significativos.

A análise de variância deste ensaio apresenta $F = 1,98$, não significativo, e um coeficiente de variação de 14,3%.

Observando os dados das análises químicas dos solos dos dois locais estudados e correlacionando-se com as respostas obtidas verifica-se que no ensaio de Mococa houve grande reação ao nitrogênio em relação ao de Guatapar, e isto poderia ser esperado, pois o solo de Guatapar apresenta $C\% = 3,10$, e o de Mococa $C\% = 1,50$; no ensaio de Mococa houve menor reação ao fósforo e maior ao potássio em relação ao ensaio de Guatapar, resultado que está de acordo com as análises químicas dos solos estudados.

Para um estudo preliminar visando à recomendação econmica da adubação para a cultura do trigo em várzeas do Estado de São Paulo será utilizada a média dos dois ensaios apresentados.

Observando a figura 1 pode-se elaborar a relação seguinte, determinando as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área para as relações de preços entre N e $P_2O_5 = 1,5:1$ e $1:1$, considerando-se fixa a dose de 30 kg de K_2O por hectare.

A tabela mostra que: quando são necessários 5,25 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 3,50 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a

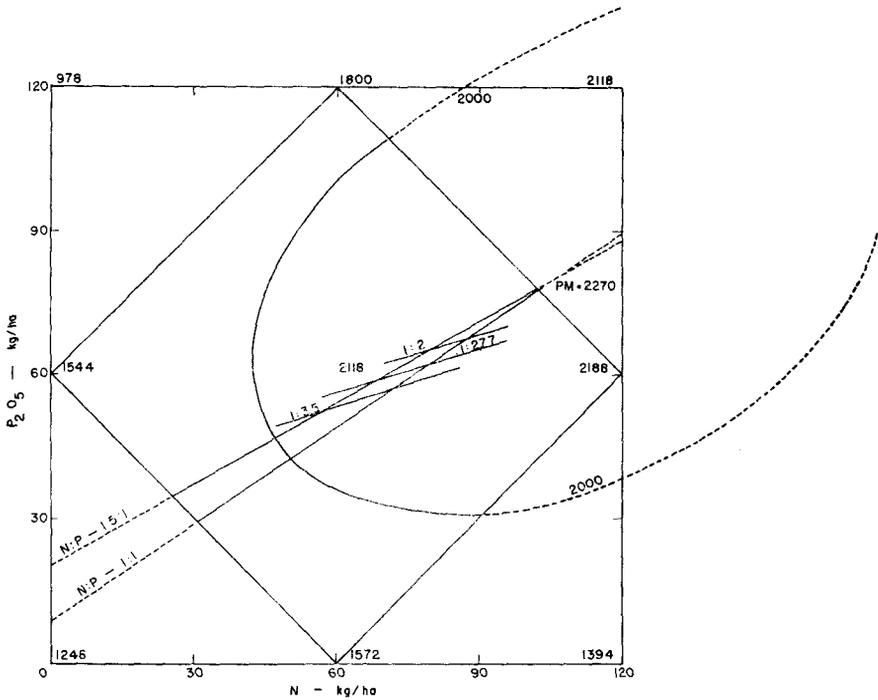


FIGURA 1. — Superfície de resposta, (isoquanta — linhas de igual produção, e isóclinas — linhas que cortam as isoquanta em pontos de igual inclinação), indicando para as relações de preços de N:P — 1,5:1 e 1:1, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, quando forem consideradas três relações de preços entre nutrientes (N + P₂O₅) e trigo, e mantida constante a dose de 30 kg/ha de K₂O.

adubação que dará maior lucro por área será de 57 kg de N mais 53 kg de P₂O₅ por hectare; quando são necessários 4,16 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,77 kg de trigo para pagar 1 kg de P₂O₅, a adubação que dará maior lucro por área será de 69 kg de N mais 58 kg de P₂O₅ por hectare; quando são necessários 3,00 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,00 kg de trigo para pagar 1 kg de P₂O₅, a adubação que dará maior lucro por área será de 80 kg de N mais 65 kg de P₂O₅ por hectare; quando são necessários 3,50 kg de trigo para comprar 1 kg de N e 3,50 kg de trigo para comprar 1 kg de P₂O₅, a adubação que dará maior lucro por área será de 72 kg de N mais 54 kg de P₂O₅ por hectare; quando são necessários 2,77 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,77 kg de trigo para pagar 1 kg de P₂O₅, a adubação que dará maior lucro por área será de 80 kg de N mais 63 kg de P₂O₅ por hectare; quando são necessários

2,00 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,00 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que dará maior lucro por área será de 87 kg de N mais 68 kg de P_2O_5 por hectare.

Valores relativos (1 kg de trigo = 1)			Quantidade a ser aplicada em kg/ha		Quantidade Total de nu- trientes
N	P_2O_5	Trigo	N	P_2O_5	N + P_2O_5
5,25	3,50	1	57	53	110
4,16	2,77	1	69	58	127
3,00	2,00	1	80	65	145
3,50	3,50	1	72	54	126
2,77	2,77		80	63	143
2,00	2,00	1	87	68	155
0	0	1	110	82	192

Para a obtenção da produção máxima possível sem considerar os preços dos adubos são necessários 110 kg de N mais 82 kg de P_2O_5 por hectare.

Os cálculos econômicos para determinar as quantidades de potássio a serem aplicadas para a obtenção do maior lucro por área, para diferentes relações de preços do potássio para o trigo e na presença de 60 kg de N e 60 kg de P_2O_5 por hectare, acham-se na relação seguinte:

1 kg de trigo = 1 Valores relativos		Quantidade a ser aplicada em kg/ha
K_2O	Trigo	de K_2O
4	1	26
3	1	28
2	1	29
1	1	30
0	0	32

Nessa relação pode-se concluir que: quando forem necessários 4 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , serão aplicados 26 kg de K_2O por hectare; quando forem necessários 3 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , serão aplicados 28 kg de K_2O por hectare; quando forem necessários 2 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , serão aplicados 29 kg de K_2O por hectare; quando for necessário 1 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , serão aplicados 30 kg de K_2O por hectare.

Para obter a máxima produção possível por área, independente dos preços dos adubos, serão aplicados 32 kg de K_2O por hectare.

4 — CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões preliminares com relação à adubação mineral N, P, K e S em condições de várzeas do Estado de São Paulo.

a) O efeito linear do nitrogênio no ensaio de Mococa correspondeu a um aumento de 292 kg na produção por hectare, para cada 30 kg de nitrogênio aplicados, e no ensaio de Guatapara correspondeu a um aumento de 30 kg por hectare para cada 30 kg de nitrogênio aplicados. Essas respostas sao explicadas pelos teores de Carbono, que sao de 1,50 e 3,10, respectivamente nos solos de Mococa e Guatapara.

b) O efeito linear do fosforo no ensaio de Mococa correspondeu a um aumento de 42 kg de trigo por hectare, e no de Guatapara, a um aumento de 92 kg por hectare, para cada 30 kg de P_2O_5 aplicados.

c) O efeito linear do potassio foi pequeno nos dois ensaios devido os solos estudados apresentarem-se bem supridos desse nutriente.

d) O efeito linear do enxofre no ensaio de Mococa foi negativo mas nao significativo, porem a presenca isolada do enxofre no ensaio de Guatapara aumentou a producao de 32% em relacao a testemunha.

e) Observando-se a media dos dois experimentos e considerando a relacao atual de precos N: P_2O_5 como sendo de 1,33:1, as quantidades necessarias de N e P_2O_5 por hectare para obter o maior

lucro por área, considerando-se constante a dose de 30 kg/ha de K_2O , seriam de 74 kg e 60 kg, respectivamente.

f) Analisando a média dos dois experimentos e considerando o preço atual do potássio em relação ao preço do trigo, ter-se-ia que a quantidade de K_2O por hectare necessária para obter o maior lucro por área (considerando fixas as doses de 60 kg/ha de N e 60 kg/ha de P_2O_5) seria de 29 kg.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH WHEAT
(*TRITICUM AESTIVUM* L.). IV.

SUMMARY

This work presents the results and interpretations of two N, P, K, S mineral fertilizer trials on wheat (*Triticum aestivum* L.), cultivar IRN-526-63, carried out in low land conditions at the Mococa Experiment Station and Guatapará Farmer, São Paulo State, in 1971.

The responses observed in these trials present a big effect to nitrogen, little effects to phosphorus and potash. Every 30 kg N/ha increased 292 kg/ha the production.

The use of sulphur, increased 7% the production in relation to the treatments without fertilizer.

With the results of the experiments, there were computed the better quantities of N-P-K fertilizers to be applied, for the soils studied, for several relationships between wheat and fertilizers prices.

LITERATURA CITADA

1. BOX, G. E.; CONNOR, L. R.; COUSINS, N. R.; DAVIES, O. L.; HIMSWORTH, F. R. & SILLITTO, G. P. The design and analysis of industrial experiments. London, Oliver and Boyd, 19556. p.495-578.
2. CAMARGO, C. E. O. Adubação do trigo. I — Experiências com N, P, K e S em Latossolo Roxo no Vale do Paranapanema. *Bragantia* 31:315-324, 1972.
3. ————. Adubação do trigo. II — Experiências com N, P, K e S em Latossolo Vermelho Escuro orto na região sul do Estado de São Paulo. *Bragantia* 31:325-335, 1972.
4. ———— & ALVES, S. Adubação do trigo. III — Experiências com N, P, K e S em solo de baixada, tipo massapê da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *Bragantia*: 31:337-347, 1972.
5. ————. Ensaio regionais. In: Encontro sobre Triticultura, Campinas, 1971. 28p.

-
6. ————. Relatórios dos trabalhos desenvolvidos pelo Setor de Trigo da Seção de Arroz e Cereais de Inverno do Instituto Agrônomo, 1969 e 1970. (Não publicados)
 7. MIRANDA, L. T. Resultados de experimentos de adubação e sugestões para a interpretação baseada na análise química do solo. In: Cultura e adubação do milho. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p.451-472.